

**(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ С
ДОГОВОРОМ О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)**

**(19) ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**
Международное бюро



PCT

**(43) Дата международной публикации:
20 января 2005 (20.01.2005)**

**(10) Номер международной публикации:
WO 2005/006082 A1**

(51) Международная патентная классификация⁷:
G03F 7/20

EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID,
IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR,
LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,
MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT,
TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(21) Номер международной заявки: PCT/RU2004/000273

(22) Дата международной подачи:
13 июля 2004 (13.07.2004)

(84) Указанные государства (если не указано иначе, для каждого вида национальной охраны): ARIPO патент (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), евразийский патент (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), европейский патент (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), патент OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(25) Язык подачи: русский

(26) Язык публикации: русский

(30) Данные о приоритете:
2003121347 15 июля 2003 (15.07.2003) RU
2004110770 12 апреля 2004 (12.04.2004) RU

Опубликована

С отчётом о международном поиске.

(71) Заявитель и

(72) Изобретатель: ИВАНОВА Наталия Викторовна
[RU/RU]; 129164 Москва, пр-т Мира, д. 122, кв. 148
(RU) [IVANOVA, Natalia Viktorovna, Moscow
(RU)].

В отношении двухбуквенных кодов, кодов языков и других сокращений см. «Пояснения к кодам и сокращениям», публикуемые в начале каждого очередного выпуска Бюллетеня РСТ.

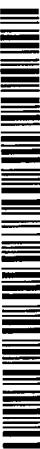
(81) Указанные государства (если не указано иначе, для каждого вида национальной охраны): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BW, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC,

(54) Title: IMAGE PRODUCING METHODS AND IMAGE PRODUCING DEVICES

(54) Название изобретения: СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ

(57) Abstract: The invention relates to microlithography and can be used, for instance for producing integrated circuits or structures having a sub-micron resolution. An image is produced with the aid of the stepped displacement, including continuous displacement of the radiator matrix(es) and/or a material sensitive to a used radiation at a step which is less than d. The diameter of the radiation flux at the output of each radiator is less than 100 nm. The sizes of the radiator matrixes can be equal to or greater than an image size. The displacements are carried out at distances which are equal or less than a maximum center-to-center distance of two adjacent radiators. A matrix of waveguides which are connected to at least one radiation source and made of fibre-optic waveguides having thinned ends or embodied in the form of microcones made of a material which is transparent for the used radiation is used as the radiator matrix. An emissive emitter matrix can also be used in the form of said radiator matrix. Said invention makes it possible to radically simplify a technological process for producing high-resolution images and used equipment

(57) Реферат: Изобретение относится к области микролитографии и может использоваться, например, при изготовлении интегральных схем или структур с субмикронным разрешением. Изображение получают с помощью пошагового, в том числе непрерывного, перемещения матрицы или матриц излучателей и/или чувствительного к используемому излучению материала с шагом, меньшим d. Диаметр потока излучения на выходе каждого излучателя составляет менее 100 нм. Размеры матриц излучателей могут быть равны или превышать размеры изображения, при этом перемещение осуществляется на расстояния, не превышающие максимального расстояния между осями соседних излучателей. В качестве матрицы излучателей может быть использована матрица световодов, соединенных с по крайней мере одним источником излучения и выполненных из оптоволоконных световодов с утоненными концами или в виде микроконусов из материала, прозрачного для используемого излучения, а так же может использоваться матрица автоэмиссионных эмиттеров. Обеспечивается принципиальное упрощение технологического процесса создания высокоразрешающих изображений и упрощение используемого оборудования.



WO 2005/006082 A1

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Область техники

Изобретение относится к области микролитографии, в частности, фотолитографии, и может быть промышленно реализовано, например, при изготовлении интегральных схем или структур со сформированным по заданной программе рельефом с субмикронным разрешением.

Предшествующий уровень техники

Создание интегральных схем с характерным размером элементов 0.1- 0.01 мкм является важнейшим перспективным направлением развития современной микроэлектроники. Технология высокоточного (с субмикронными и микронными допусками) изготовления прецизионных форм с трехмерным рельефом может быть промышленно использована, например, и при создании массовой технологии изготовления деталей микrorоботов, высокоразрешающих элементов дифракционной и Френелевской оптики, а также в других областях техники, где тоже необходимо получение в функциональном слое изделия трехмерного рисунка заданной глубины с высоким разрешением его структур, например, при создании печатных форм для изготовления денежных знаков и иных ценных бумаг.

От разрешающей способности процесса микролитографии, определяющей уровень развития большинства отраслей современной науки и техники, в решающей степени зависит дальнейшее развитие современной микроэлектроники. Микролитография включает нанесение на поверхность твердого тела (обычно, подложки из полупроводникового материала) слоя материала, чувствительного к воздействию используемого потока излучения, в том числе, электронных пучков, в качестве которого наиболее часто используется слой фоторезиста. Экспонирование фоторезиста через фотошаблон, обычно называемый маской, позволяет создать на фоторезисте рисунок, соответствующий заданной

топологии, например, топологии слоя создаваемой интегральной схемы.

Известен способ получения изображения на чувствительном к используемому излучению материале, в котором создают на поверхности чувствительного к используемому излучению материала пятна засветки с помощью высокоинтенсивного источника коротковолнового излучения и высокоточного проекционного объектива с большой апертурой, проецирующего на поверхность чувствительного к используемому излучению материала множественное изображение позиционируемого объекта-маски (Presentation by Sunlin Chow on Intel Developers Forum San Jose, USA, September 2002).

Известно устройство для получения изображения на чувствительном к используемому излучению материале, в качестве которого используется слой фоторезиста, состоящее из высокоинтенсивного источника коротковолнового излучения, объектива-маски, изображение которой будет спроектировано на фоторезист, устройства для позиционирования объекта-маски, высокоточного проекционного объектива с большой апертурой и устройства для перемещения подложки с фоторезистом, на который проецируется множество изображение позиционируемого объекта, чтобы максимально использовать всю поверхность подложки из полупроводникового материала, покрытую светочувствительным слоем - фоторезистом (Presentation by Sunlin Chow on Intel Developers Forum San Jose, USA, September 2002).

Точность позиционирования лучших проекционных сканирующих систем (степперов), производимых мировым лидером в этой области технологического оборудования для микроэлектроники голландской фирмой ASM-Lithography достигает 80 нм, что явно не достаточно для создания СБИС с характерным размером элементов 20-30 нм. Отставание возможностей степперов от нужд промышленности естественно, т.к. разработка степпера для субмикронных технологий требует трех-пяти лет, а стоимость его при серийном выпуске составляет 10-15 миллионов долларов, не говоря уж о стоимости разработки, составляющей сотни миллионов долларов.

В настоящее время в промышленности наиболее распространена фотомикролитография (или фотолитография). Обеспечиваемое ею разрешение Δx определяется длиной волны λ используемого излучения и апертурой A проекционной системы $\Delta x = k_1 \lambda / 2A$. Такая зависимость, естественно, стимулировала у разработчиков стремление к использованию все более коротковолновых источников излучения и все более широкоапертурных проекционных систем. В результате за последние 40 лет в промышленной проекционной

фотолитографии произошел переход от ртутных ламп с характерной длиной волны 330-400 нм к эксимерным лазерам с длиной волны 193 и даже 157 нм. Проекционные объективы современных степперов достигли диаметра 600-700 мм (необходимость увеличения апертуры A). Все это и обуславливает столь высокую стоимость степперов.

К сожалению, за увеличение разрешения приходится расплачиваться еще и резким уменьшением глубины фокусировки ΔF , т.к. $\Delta F = k_2 \lambda / A^2$, что приводит к уменьшению производительности и радикальному усложнению системы фокусировки гигантских проекционных объективов, а значит опять-таки к росту стоимости степперов. К тому же, краевые эффекты ограничивают возможность использования апертуры такого объектива при работе с предельным разрешением, обеспечивающим объективом.

В процессе развития проекционной фотолитографии минимальный размер проецируемых деталей уменьшался в среднем на 30% каждые 2 года, что позволяло каждые 18 месяцев удваивать число транзисторов на интегральных схемах (закон Мура). В настоящее время в промышленности используется «0.13-микронная технология», позволяющая печатать детали с разрешением -100 нм, в то время как следующим рубежом, по мнению экспертов, является создание проекционных систем и источников излучения, обеспечивающих уверенное разрешение на уровне 20-30 нм. Это потребует перехода к источникам экстремального ультрафиолета (EUV-источникам), или даже перехода к мягкому рентгеновскому излучению. В настоящее время интенсивно ведутся эксперименты с микролитографией на $\lambda=13,4$ нм. Первая такая установка, как сообщалось на форуме разработчиков компании INTEL (ведущего мирового производителя СБИС), была создана, и в 2002 году на ней были получены транзисторы с характерным размером 50 нм. Однако стоимость такого степпера даже при серийном производстве будет достигать, по оценке экспертов, 60-ти миллионов долларов, а для отладки технологии серийного производства микропроцессоров с характерным размером элементов на уровне 30 нм потребуется, по самым оптимистическим оценкам, 5-7 лет.

Одним из наиболее существенных ограничений применения фотолитографии является ограничение, связанное с дифракцией от края маски (дифракция от края экрана), используемой для получения желаемого проекционного изображения на поверхности фоторезиста. Это явление по мере уменьшения длины волны используемого излучения приводит ко все более заметному ухудшению качества получаемого изображения, вследствие появления дифракционных максимумов, располагающихся на рас-

стояниях порядка λ от центра проектируемой линии. Если учесть, что в настоящее время ведущими производителями используется излучение с длиной волны $\lambda=193$ нм и даже (в экспериментах!) еще меньшей, то становится очевидным, насколько существенным может быть ограничение по разрешению, вносимое дифракцией на краю маски.

Таким образом, существующие проекционные устройства для создания изображения на светочувствительном слое имеют ряд существенных недостатков:

- 1) принципиальные трудности совмещения в одном устройстве высокого разрешения и большой глубины резкости;
- 2) существенное усложнение конструкции и технологии проецирующего устройства при уменьшении длины волны излучения, используемого при проектировании изображения на фоторезист;
- 3) радикальное усложнение оптической системы и технологии изготовления проецируемого объекта - маски по мере уменьшения длины волны, используемой при проектировании;
- 4) резкое удорожание технологии и оборудования по мере роста степени интеграции производимой продукции;
- 5) чрезвычайно низкая технологическая гибкость производственного процесса и очень высокая стоимость его перестройки;
- 6) принципиальная невозможность создания диверсифицированного производства, т.е. производства различных интегральных схем на одной подложке в едином технологическом процессе.

Известен способ получения изображения на чувствительном к используемому излучению материале, являющийся ближайшим аналогом к предлагаемым вариантам способа получения изображения, в котором создают на поверхности чувствительного к используемому излучению материала пятна засветки с помощью матрицы излучателей, выполненных в виде матрицы автоэмиссионных эмиттеров, и получают заданное изображение путем перемещения чувствительного к используемому излучению материала в плоскости, параллельной поверхности чувствительного к используемому излучению материала, в одном направлении или в двух взаимно перпендикулярных направлениях (WO 00/60632, опубл. 12.10.2000).

Известно устройство для получения изображения на чувствительном к используемому излучению материале, являющееся ближайшим аналогом к предлагаемым вариантам устройства для получения изображения и содержащее матрицу из-

лучателей, выполненных в виде матрицы автоэмиссионных эмиттеров, при этом устройство выполнено с возможностью получения заданного изображения путем перемещения чувствительного к используемому излучению материала в плоскости, параллельной поверхности чувствительного к используемому излучению материала (WO 00/60632, опубл. 12.10.2000). Однако в известных способе и устройстве для получения заданного изображения на всей подложке необходимо осуществлять перемещение чувствительного к излучению материала на значительные расстояния, что приводит к усложнению конструкции устройства, а так же к снижению разрешения получаемого изображения и увеличению времени изготовления изображения на фоторезисте. Кроме того, известные способ и устройство не обеспечивают высокой точности получаемого изображения за счет недостаточной точности перемещения пятен засветки по поверхности чувствительного к излучению материала.

Сущность изобретения

Техническим результатом, который может быть получен при осуществлении предлагаемого изобретения, является принципиальное упрощение технологического процесса создания высокоразрешающих изображений на чувствительном к используемому излучению материале и упрощение конструкции используемого оборудования, а так же повышение разрешения при формировании получаемого изображения. Кроме того, использование матрицы ближнеполевых световодов или автоэмиссионных эмиттеров позволяет избежать ограничений, связанных при использовании масок с существованием дифракционного предела, и перейти к формированию высокоразрешающих изображений двумерных/трехмерных структур без использования масок и при этом практически без каких-либо дифракционных искажений, в том числе, обеспечивается возможность получения ровного края линии, возможность изменения интервалов (промежутков) между элементами рисунка с точностью до 0,01 нм, обеспечение расстояния между излучателями и чувствительным к используемому излучению материалом с дискретом до 0,01 нм, что обеспечивает, во-первых, необходимую точность при установке расстояния 1-50 нм, позволяющего работать в условиях ближнего поля при практическом отсутствии дифракционных искажений, а во-вторых, получение заданного изменения диаметра пятна засветки в зависимости от расстояния до чувствительного к используемому излучению материала, и, следо-

вательно, получение точного размера элемента рисунка, например, в виде линии заданной ширины, перемещения до чувствительного к используемому излучению материала и/или излучателей в направлении, перпендикулярном этой линии, а так же обеспечение перекрытия пятен засветки для получения рисунка в виде непрерывной линии или любой другой, например, двумерной фигуры. Все это существенно уძешвляет процесс разработки новых СБИС и упрощает процесс серийного производства СБИС. Устранение необходимости использования масок позволяет принципиально диверсифицировать производство СБИС за счет реализации процесса производства СБИС с различной топологией на одной подложке. Например, можно на одной подложке выполнить все СБИС, используемые в ПК.

Указанный технический результат достигается за счет того, что в первом варианте способа получения изображения на чувствительном к используемому излучению материале, в котором создают на поверхности чувствительного к используемому излучению материала пятна засветки с помощью излучателей, и получают заданное изображение путем пошагового перемещения излучателей и/или чувствительного к используемому излучению материала в плоскости, параллельно поверхности чувствительного к используемому излучению материала, в одном направлении или в двух взаимно перпендикулярных направлениях, излучатели выполнены в виде матрицы излучателей или составной матрицы излучателей, содержащей N матриц излучателей, причем размеры матрицы излучателей или составной матрицы излучателей равны или превышают размеры заданного изображения на чувствительном к используемому излучению материале, а диаметр d потока излучения на выходе из каждого излучателя составляет менее 100 нм, при этом пошаговое перемещение излучателей и/или чувствительного к используемому излучению материала осуществляют с шагом, меньшим d , на расстояния, не превышающие максимального расстояния между осями соседних излучателей.

Причем к соседним излучателям относятся и излучатели, расположенные в крайних рядах соседних матриц, входящих в составную матрицу, а за ось излучателя, обычно, принимают ось симметрии излучателя, которая, обычно, совпадает с осью потока излучения, выходящего из излучателя. При этом под размерами матрицы или составной матрицы, обычно, понимают расстояния между осями крайних, наиболее удаленных друг от друга, излучателей матрицы или составной матрицы в двух взаимно перпендикулярных направлениях, совпадающих с направлениями

возможного перемещения матрицы или чувствительного к используемому излучению материала. Кроме того, любая из матриц может быть выполнена двумерной, т.е. в виде матрицы, в которой излучатели расположены в несколько рядов, по несколько излучателей в каждом ряду.

Кроме того, указанный технический результата достигается за счет того, что в первом варианте устройства для получения изображения на чувствительном к используемому излучению материале, содержащем излучатели и подложку с чувствительным к используемому излучению материалом, устройство выполнено с возможностью получения заданного изображения путем перемещения излучателей и/или чувствительного к используемому излучению материала в плоскости, параллельной поверхности чувствительного к используемому излучению материала в одном направлении или в двух взаимно перпендикулярных направлениях, при этом излучатели выполнены в виде матрицы излучателей или составной матрицы излучателей, содержащей N матриц излучателей, причем размеры матрицы излучателей или составной матрицы излучателей равны или превышают размеры заданного изображения на чувствительном к используемому излучению материале, а диаметр d потока излучения на выходе каждого из излучателей составляет менее 100 нм, при этом излучатели и/или чувствительный к используемому излучению материал установлены с возможностью перемещения с шагом, меньшим d , на расстояния, не превышающие максимального расстояния между осями соседних излучателей.

Причем как при реализации предлагаемого первого варианта способа, так и в предлагаемом первом варианте устройства для повышения точности получаемого изображения пошаговое перемещение наиболее целесообразно осуществлять с шагом от 0,01 до 1 нм, а диаметр d потока излучения на выходе каждого из излучателей может составлять от 10 до 50 нм. Однако в том случае, если позволяет заданная точность изображения, шаг может быть и больше, что позволяет уменьшить время получения изображения. В общем случае размер шага определяется требуемой степенью перекрытия пятен засветки при получении сплошного изображения, так как от степени перекрытия зависит точность выполнения края сплошного изображения или линии, его «волнистость». При этом для получения заданного изображения на чувствительном материале с помощью предлагаемого устройства осуществляют управление величиной потока излучения, выходящего из каждого излучателя и/или величиной шага перемещения.

Кроме того, как при реализации первого варианта способа, так и первого варианта устройства требуемые размеры пятен засветки на поверхности чувствительного к используемому излучению материала могут быть получены за счет установки матрицы или составной матрицы излучателей на заданном расстоянии z от поверхности чувствительного к используемому излучению материала путем пошагового перемещения излучателей и/или чувствительного к используемому излучению материала в направлении, перпендикулярном поверхности чувствительного к используемому излучению материала с шагом, меньшим d . Для повышения точности получаемых размеров пятен засветки наиболее целесообразно осуществлять пошаговое перемещение с шагом от 0,01 до 1 нм. При этом перемещение излучателей и/или чувствительного к используемому излучению материала в направлении, перпендикулярном поверхности чувствительного к используемому излучению материала, может осуществляться до заданной степени перекрытия формируемых соседними излучателями пятен засветки.

Причем расстояние z между матрицей излучателей и чувствительным к используемому излучению материалом может составлять от 1 до 5000 нм, а для обеспечения работы в условиях ближнего поля расстояние z должно составлять от 1 нм до d .

Как при реализации первого варианта способа, так и в первом варианте устройства в качестве каждой из матриц излучателей может быть использована матрица световодов, соединенных с по крайней мере одним источником излучения и выполненных из оптоволоконных световодов с утоненными концами, на которые нанесено покрытие, отражающее проходящее излучение, причем поскольку диаметр утоненных концов оптоволоконных световодов равен диаметру d потока выходящего из них излучения, то диаметры утоненных концов оптоволоконных световодов, направленных в сторону чувствительного к используемому излучению материала, имеют размер менее 100 нм, а наиболее предпочтительно - от 10 до 50 нм.

Такие утоненные световоды могут быть изготовлены с помощью известной технологии, например, описанной в (E.Betzig, J.K.Trautman a1., Science, 251, p. 1468, 1991), авторы которой впервые использовали покрытие наружной поверхности утоненной части световодов отражающим излучение слоем, создав ближнеполовой световод.

Помимо этого в качестве каждой из матриц излучателей может быть ис-

пользована матрица световодов, соединенных с по крайней мере одним источником излучения и выполненных в виде микроконусов из материала, прозрачного для используемого излучения, так же являющихся ближнеполевыми световодами, причем на микроконусы нанесено покрытие, отражающее проходящее излучение, а радиус закругления при вершине микроконусов, направленных в сторону чувствительного к используемому излучению материала, равен половине диаметра d потока излучения на выходе каждого из излучателей, в связи с чем радиусы закругления при вершине микроконусов имеют размер менее 50 нм, а предпочтительно - от 5 до 25 нм. Микроконусы могут быть изготовлены из полупроводникового материала, например, из кремния или соединений типа $A_{III}B_V$ или $A_{II}B_V$, покрытых снаружи слоем материала, отражающего проходящее излучение. Такие матрицы из микроконусов могут создаваться с помощью обычной технологии, используемой при производстве микроэлектронных чипов (Ю.Д.Чистяков. Ю.П.Райнова «Физико-химические основы технологии микроэлектроники». Москва. 1979г., Е.И.Гиваргизов, «Рост нитевидных и пластинчатых кристаллов из пара», издательство «Наука» ГИФМЛ, Москва 1977).

На их основании с помощью технологий, существующих в современной микроэлектронике (Charles Lieber, CERN Courier, May 2003) могут быть выполнены твердотельные нанолазеры или светодиоды, генерирующие излучение заданной длины волны, или на их основании могут быть выполнены индивидуально коммутируемые затворные устройства, регулирующие доступ излучения в микроконус.

При этом каждый световод, выполненный как в виде световода с утоненным концом, так и в виде микроконуса, может быть присоединен кциальному источнику излучения, который выполнен с возможностью управления интенсивностью его излучения. Кроме того, световоды могут быть объединены в несколько групп, каждая из которых соединена со своим источником излучения, но при этом между источником излучения и каждым из световодов вводится управляемый модулятор или затворное устройство, выполненное с возможностью управления интенсивностью излучения, выходящего из соответствующего световода. Или все световоды могут быть соединены с одним источником излучения, но между источником излучения и каждым из световодов так же вводится управляемый модулятор или затворное устройство, выполненное с возможностью управления интенсивностью излучения, выходящего из соответствующего световода.

Кроме того, как при реализации способа, так и в устройстве, микроконусы

из диэлектрического или полупроводникового материала могут быть выполнены на поверхности планарного световода, прозрачного для заданного излучения, при этом на основании микроконусов могут быть выполнены индивидуально коммутируемые затворные устройства, регулирующие доступ излучения в микроконусы.

Помимо этого в качестве каждой из матриц излучателей может быть использована матрица автоэмиссионных эмиттеров, соединенных с по крайней мере одним источником тока. Причем оптимальный результат может быть получен в том случае, когда матрицу автоэмиссионных эмиттеров и чувствительный к используемому излучению материал размещают в магнитном поле, направленном вдоль продольных осей автоэмиссионных эмиттеров, так как под воздействием однородного аксиального (по отношению к пучку) магнитного поля удается избежать расходимости эмитируемых каждым острием электронных пучков и обеспечить радикальное улучшение разрешения, достигаемого при взаимодействии такого пучка с материалом, чувствительным к используемому излучению. При этом автоэмиссионные эмиттеры, помещенные в постоянное однородное магнитное поле, могут быть размещены на значительно большем расстоянии от подложки с чувствительным к излучению материалом. При этом расстояние z между матрицей излучателей и чувствительным к используемому излучению материалом не должно превышать расстояния, на котором созданное магнитное поле обеспечивает ларморовский радиус пучка эмитированных электронов на поверхности чувствительного к используемому излучению материала, не превышающий заданный радиус пятна засветки на поверхности чувствительного к используемому излучению материала. При этом за счет расположения в магнитном поле все автоэмиссионные эмиттеры могут быть расположены и на расстоянии z , большем нескольких миллиметров, от поверхности чувствительного к используемому излучению материала. Однако при необходимости автоэмиссионные эмиттеры могут быть расположены и на меньшем расстоянии, например, на расстоянии от 1 до 5000 нм от поверхности чувствительного к используемому излучению материала.

Для осуществления перемещений чувствительного материала и/или матрицы или составной матрицы излучателей как при реализации способа, так и в устройстве возможны различные выполнения соответствующих приводов для перемещения, а так же различные их сочетания. При этом устройство может быть выполнено с возможностью перемещения излучателей, расположенных в виде матрицы или состав-

ной матрицы излучателей, и/или чувствительного к используемому излучению материала в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Причем наиболее целесообразно взаимное позиционирование материала, чувствительного к используемому излучению (фоторезиста), и матрицы или составной матрицы осуществлять с помощью прецизионного XYZ-нанопозиционера. Причем XYZ-нанопозиционером может быть снабжена подложка с чувствительным материалом или излучатели. Однако наиболее целесообразно, что бы подложка с чувствительным материалом была соединена с первым XYZ-нанопозиционером, а матрица или составная матрица излучателей - со вторым XYZ-нанопозиционером. В этом случае создание требуемой топологии при засветке фоторезиста может производиться путем перемещения матрицы или составной матрицы излучателей и чувствительного к используемому излучению материала, например, навстречу друг другу.

Кроме того указанный технический результат достигается за счет того, что во втором варианте устройства, для получения изображения на чувствительном к используемому излучению материале, которое содержит излучатели, и при этом излучатели и/или подложка с чувствительным к используемому излучению материалом установлены с возможностью перемещения относительно друг друга, излучатели выполнены в виде по крайней мере одного источника излучения с соединенным с ним по крайней мере одним световодом, при этом световоды выполнены оптоволоконными с утоненными концами или в виде микроконусов из материала, прозрачного для используемого излучения, причем диаметр d потока излучения на выходе из каждого излучателя составляет менее 100 нм, а излучатели и/или подложка с чувствительным к используемому излучению материалом установлены с возможностью перемещения относительно друг друга с шагом, меньшим d . При этом наиболее целесообразно, чтобы диаметры утоненных концов оптоволоконных световодов или радиусы закругления при вершине микроконусов, направленных в сторону чувствительного к используемому излучению материала, имели размер от 10 до 50 нм. Для осуществления перемещения световодов или подложки с чувствительным к используемому излучению материалом может быть введен XYZ-нанопозиционер с шагом до 0,01 нм. При этом расстояние z между световодами и чувствительным к используемому излучению материалом составляет от 1 до 2000 нм. Однако для обеспечения разрешения $\Delta x \approx d$ расстояние между световодами и чувствительным к используемому излучению материалом может не превышать d . При этом для полу-

чения заданного изображения устройство выполнено с возможностью управления величиной излучения, выходящего из световодов, например, путем его коммутирования, которое может осуществляться за счет управления источниками излучения или использованием затворов. При этом если световоды выполнены в виде микроконусов из кремния или соединений типа $A_{111}B_v$ или $A_{11}B_{v1}$, на их основаниях могут быть выполнены твердотельные коммутируемые нанолазеры или светодиоды, генерирующие заданное излучение, или индивидуально коммутируемые затворные устройства, регулирующие доступ излучения в микроконусы. Кроме того, микроконусы могут быть расположены на поверхности соответствующих планарных световодов. При этом для повышения производительности световоды могут быть выполнены в виде по крайней мере одной двумерной матрицы из нескольких рядов, по несколько световодов в каждом ряду, или же может использоваться составная матрица, содержащая несколько матриц световодов. Размеры матрицы световодов или N матриц световодов могут быть равны или превышать размеры заданного изображения на чувствительном к используемому излучению материале, а излучатели и/или подложка с чувствительным к используемому излучению материалом могут быть установлены с возможностью перемещения на расстояния, не превышающие максимального расстояния между осями соседних излучателей. При этом устройство может быть выполнено с возможностью изменения величины шага перемещения в зависимости от требуемой точности получаемого изображения и скорости его получения.

Кроме того указанный технический результат достигается за счет того, что в третьем варианте устройства для получения изображения на чувствительном к используемому излучению материале, которое содержит по меньшей мере один излучатель, выполненный в виде автоэмиссионного эмиттера, соединенного с источником тока, подложку с чувствительным к используемому излучению материалом и источник магнитного поля, а подложка с чувствительным к используемому излучению материалом и/или по меньшей мере один автоэмиссионный эмиттер установлены с возможностью перемещения относительно друг друга, подложка с чувствительным к используемому излучению материалом и все автоэмиссионные эмиттеры расположены в магнитном поле, направленном вдоль продольной оси остряя каждого из автоэмиссионных эмиттеров, диаметр d потока излучения на выходе из каждого автоэмиссионного эмиттера составляет менее 100 нм, при этом автоэмиссионные

эмиттеры и/или подложка с чувствительным к используемому излучению материалом установлены с возможностью перемещения относительно друг друга с шагом, меньшим d.

Для осуществления перемещения автоэмиссионных эмиттеров или подложки с чувствительным к используемому излучению материалом может бытьведен XYZ-нанопозиционер с шагом до 0,01 нм. При этом наиболее целесообразно, чтобы диаметр d потока излучения на выходе каждого из автоэмиссионных эмиттеров составлял от 10 до 50 нм, а расстояние z между автоэмиссионными эмиттерами и чувствительным к используемому излучению материалом не превышало расстояния, на котором созданное магнитное поле обеспечивает ларморовский радиус пучка эмитированных электронов на поверхности чувствительного к используемому излучению материала, не превышающий заданный радиус пятна засветки. При этом за счет расположения в магнитном поле все автоэмиссионные эмиттеры могут быть расположены на расстоянии z, большем нескольких миллиметров, от поверхности чувствительного к используемому излучению материала. Однако при необходимости автоэмиссионные эмиттеры могут быть расположены и на меньшем расстоянии, например, на расстоянии от 1 до 5000 нм от поверхности чувствительного к используемому излучению материала.

При этом для получения заданного изображения устройство выполнено с возможностью управления интенсивностью электронного пучка, выходящего из автоэмиссионных эмиттеров, например, путем его коммутации и управления величиной эмиттируемого тока.

Причем для повышения производительности автоэмиссионные эмиттеры могут быть выполнены в виде по крайней мере одной двумерной матрицы из нескольких рядов, по несколько автоэмиссионных эмиттеров в каждом ряду, или же может использоваться составная матрица, содержащая N матриц автоэмиссионных эмиттеров. Размеры матрицы или N матриц могут быть равны или превышать размеры заданного изображения на чувствительном к используемому излучению материале, а излучатели и/или подложка с чувствительным к используемому излучению материалом могут быть установлены с возможностью перемещения на расстояния, не превышающие максимального расстояния между осями соседних излучателей.

При этом устройство может быть выполнено с возможностью изменения величины шага перемещения в зависимости от требуемой точности получаемого изо-

бражения и скорости его получения.

Кроме того указанный технический результат достигается за счет того, что во втором варианте способа получения изображения на чувствительном к используемому излучению материале, в котором создают на поверхности чувствительного к используемому излучению материала пятна засветки с помощью излучателей, и получают заданное изображение путем пошагового перемещения излучателей и/или чувствительного к используемому излучению материала в плоскости, параллельной поверхности чувствительного к используемому излучению материала, в одном направлении или в двух взаимно перпендикулярных направлениях, излучатели выполнены в виде матрицы излучателей или составной матрицы излучателей, содержащей N матриц излучателей, причем диаметр d потока излучения на выходе из каждого излучателя составляет менее 100 нм, при этом осуществляют непрерывное пошаговое перемещение излучателей и/или чувствительного к используемому излучению материала с шагом, меньшим d , и управляют длительностью импульсов излучения, выходящего из каждого излучателя, таким образом, чтобы за время импульса излучения, выходящего из по крайней мере одного излучателя и имеющего наименьшую длительность, величина относительного смещения излучателей и чувствительного к используемому излучению материала не превышала заданной величины.

Кроме того указанный технический результат достигается за счет того, что в четвертом варианте устройства для получения изображения на чувствительном к используемому излучению материале, содержащем излучатели и подложку с чувствительным к используемому излучению материалом и выполненном с возможностью получения заданного изображения путем перемещения излучателей и/или чувствительного к используемому излучению материала в плоскости, параллельной поверхности чувствительного к используемому излучению материала в одном направлении или в двух взаимно перпендикулярных направлениях, излучатели выполнены в виде матрицы излучателей или составной матрицы излучателей, содержащей N матриц излучателей, причем диаметр d потока излучения на выходе каждого из излучателей составляет менее 100 нм, при этом излучатели и/или чувствительный к используемому излучению материал установлены с возможностью непрерывного пошагового перемещения с шагом, меньшим d , и устройство выполнено с возможностью управления длительностью импульсов излучения, выходящего из каждого излучателя, таким образом, чтобы за время импульса излучения, выходящего из по-

крайней мере одного излучателя и имеющего наименьшую длительность, величина относительного смещения излучателей и чувствительного к используемому излучению материала не превышала заданной величины.

При этом целесообразно, чтобы как во втором варианте способа, так и в устройстве для его реализации для обеспечения заданной точности за время импульса излучения, выходящего из по крайней мере одного излучателя и имеющего наименьшую длительность, величина относительного смещения ΔS излучателей и чувствительного к используемому излучению материала не превышала $0,01d_1$, где d_1 – диаметр пятна засветки при неподвижных излучателях и чувствительного к используемому излучению материала.

При этом, как и во всех указанных ранее вариантах способа и устройства размеры матрицы излучателей или составной матрицы излучателей могут быть равны или превышать размеры заданного изображения на чувствительном к используемому излучению материале, а непрерывное пошаговое перемещение излучателей и/или чувствительного к используемому излучению материала могут осуществляться на расстояния, не превышающие максимального расстояния между осями соседних излучателей. Кроме того наиболее целесообразно пошаговое перемещение осуществлять с шагом от 0,01 до 1 нм, а диаметр d потока излучения на выходе каждого из излучателей может составлять от 10 до 50 нм.

При этом устройство может быть выполнено с возможностью изменения величины шага перемещения в зависимости от требуемой точности получаемого изображения и скорости его получения.

Кроме того, требуемые размеры пятен засветки на поверхности чувствительного к используемому излучению материала могут быть обеспечены за счет установки излучателей на заданном расстоянии z от поверхности чувствительного к используемому излучению материала путем пошагового перемещения излучателей и/или чувствительного к используемому излучению материала в направлении, перпендикулярном поверхности чувствительного к используемому излучению материала, с шагом, меньшим d . Для повышения точности получаемых размеров пятен засветки наиболее целесообразно осуществлять пошаговое перемещение с шагом от 0,01 до 1 нм. При этом перемещение излучателей и/или чувствительного к используемому излучению материала в направлении, перпендикулярном поверхности чувствительного к используемому излучению материала, может осуществляться до за-

данной степени перекрытия формируемых соседними излучателями пятен засветки.

Причем расстояние z между матрицей излучателей и чувствительным к используемому излучению материалом может составлять от 1 до 5000 нм, а для обеспечения работы в условиях ближнего поля расстояние z может составлять от 1 нм до d .

При этом, как и в ранее указанных вариантах способа и устройства, в качестве каждой из матриц излучателей может быть использована матрица световодов, соединенных с по крайней мере одним источником излучения и выполненных из оптоволоконных световодов с утонченными концами, на которые нанесено покрытие, отражающее проходящее излучение, причем диаметры утонченных концов оптоволоконных световодов, направленных в сторону чувствительного к используемому излучению материала, могут иметь размер менее 100 нм, а наиболее предпочтительно - от 10 до 50 нм.

Помимо этого в качестве каждой из матриц излучателей может быть использована матрица световодов, соединенных с по крайней мере одним источником излучения и выполненных в виде микроконусов из материала, прозрачного для используемого излучения, так же являющихся ближнеполевыми световодами, причем на микроконусы нанесено покрытие, отражающее проходящее излучение, а радиусы закругления при вершине микроконусов имеют размер менее 50 нм, предпочтительно - от 5 до 25 нм. Микроконусы могут быть изготовлены из полупроводникового материала, например, из кремния или соединений типа $A_{\text{III}}B_V$ или $A_{\text{II}}B_V$, покрытых снаружи слоем материала, отражающего проходящее излучение. На их основании могут быть выполнены твердотельные нанолазеры или светодиоды, генерирующие излучение заданной длины волн, или на их основании могут быть выполнены индивидуально коммутируемые затворные устройства, регулирующие доступ излучения в микроконус. При этом каждый световод, выполненный как в виде световода с утонченным концом, так и в виде микроконуса, может быть присоединен к отдельному источнику излучения, который выполнен с возможностью управления интенсивностью его излучения. Кроме того, световоды могут быть объединены в несколько групп, каждая из которых соединена со своим источником излучения, но при этом между источником излучения и каждым из световодов вводится управляемый модулятор или затворное устройство, выполненное с возможностью управления интенсивностью излучения, выходящего из соответствующего световода. Или все све-

товорды могут быть соединены с одним источником излучения, но между источником излучения и каждым из световодов так же вводится управляемый модулятор или затворное устройство, выполненное с возможностью управления интенсивностью излучения, выходящего из соответствующего световода. Кроме того, микроконусы из диэлектрического или полупроводникового материала могут быть выполнены на поверхности планарного световода, прозрачного для заданного излучения, при этом на основании микроконусов могут быть выполнены индивидуально коммутируемые затворные устройства, регулирующие доступ излучения в микроконусы.

Помимо этого в качестве каждой из матриц излучателей может быть использована матрица автоэмиссионных эмиттеров, соединенных с по крайней мере одним источником тока. Причем оптимальный результат может быть получен в том случае, когда матрицу автоэмиссионных эмиттеров и чувствительный к используемому излучению материал размещают в магнитном поле, направленном вдоль продольных осей автоэмиссионных эмиттеров. При этом расстояние z между матрицей излучателей и чувствительным к используемому излучению материалом не должно превышать расстояния, на котором созданное магнитное поле обеспечивает ларморовский радиус пучка эмитированных электронов на поверхности чувствительного к используемому излучению материала, не превышающий заданный радиус пятна засветки на поверхности чувствительного к используемому излучению материала. При этом за счет расположения в магнитном поле все автоэмиссионные эмиттеры могут быть расположены на расстоянии z , большем нескольких миллиметров, от поверхности чувствительного к используемому излучению материала. Однако при необходимости автоэмиссионные эмиттеры могут быть расположены и на меньшем расстоянии, например, на расстоянии от 1 до 5000 нм от поверхности чувствительного к используемому излучению материала.

При этом устройство может быть выполнено с возможностью перемещения излучателей, расположенных в виде матрицы или составной матрицы излучателей, и/или чувствительного к используемому излучению материала в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Причем наиболее целесообразно взаимное позиционирование материала, чувствительного к используемому излучению (фоторезиста), и матрицы или составной матрицы осуществлять с помощью прецизионного XYZ-нанопозиционера. Причем XYZ-нанопозиционером может быть снабжена подложка с чув-

ствительным материалом или излучатели. Однако наиболее целесообразно, что бы подложка с чувствительным материалом была соединена с первым XYZ-нанопозиционером, а матрица или составная матрица излучателей - со вторым XYZ-нанопозиционером. В этом случае создание требуемой топологии при засветке фоторезиста может производиться путем перемещения матрицы или составной матрицы излучателей и чувствительного к используемому излучению материала, например, навстречу друг другу.

Краткое описание чертежей

На Фиг.1 представлен вариант выполнения устройства для получения изображения на чувствительном к используемому излучению материале с матрицей, выполненной из световодов в виде микроконусов.

На Фиг.2 представлен вариант выполнения устройства для получения изображения на чувствительном к используемому излучению материале с матрицей, выполненной из автоэмиссионных эмиттеров.

Предпочтительные варианты осуществления изобретения

Устройство (Фиг.1) для получения изображения на чувствительном к используемому излучению материале, который может представлять собой, например, фоторезист, содержит подложку 1 с нанесенным на нее слоем фоторезиста 2 и матрицу излучателей 3, расположенную на планарном световоде 5 и установленную на схематически показанном на Фиг.1 устройстве 4 для установки и перемещения этой матрицы. Представленная на Фиг.1 в качестве примера матрица излучателей выполнена в виде матрицы световодов, соединенных с источником или источниками излучения (не показаны). Световоды выполнены в виде микроконусов из диэлектрического или полупроводникового материала, прозрачного для используемого излучения, которые покрыты отражающим это излучение покрытием, и, по существу, представляют собой ближнеполевые световоды. Они расположены на поверхности планарного световода 5, подводящего излучение к основаниям ближнеполевых световодов, которыми являются микроконусы.

На основании микроконусов могут быть расположены индивидуально ком-

мутируемые устройства 6, выполненные, например, в виде затворов, регулирующих доступ излучения в микроконусы. В случае выполнения световодов в виде оптоволоконных световодов с утоненными концами индивидуальные коммутирующие устройства (затворы) располагают между источником излучения и входом соответствующего световода.

Источники излучения могут быть выполнены в виде нанолазеров или светодиодов, генерирующих излучение заданной длины волны и расположенных в основании микроконусов. На Фиг.1, в соответствии с одним из возможных предпочтительных выполнений системы приводов, матрица излучателей 3 установлена с возможностью перемещения в трех взаимно перпендикулярных направлениях XYZ (на Фиг.1 показаны стрелками). Величина шага перемещения и число шагов при перемещении в плоскости XY, параллельной поверхности фоторезиста, определяется требуемым разрешением для получаемого изображения. При перемещении в направлении Z, перпендикулярном поверхности фоторезиста, величина шага определяется:

- 1) желаемым размером пятен засветки, т.е. желаемой расходимостью пучка/пучков излучения 7, засвечивающего/засвечивающих фоторезист 2, и
- 2) точностью задания размера пятна/пятен засветки, зависящей от расстояния 8 между матрицей источников излучения и фоторезистом.

Ввиду того, что размеры оснований световодов (микроконусов) в плоскости XY могут существенно превосходить размеры пятен засветки, создаваемых такими световодами, то непрерывная (сплошная) засветка, например, позволяющая получить сплошную линию, обеспечивается перемещением матрицы световодов на расстояние, необходимое для создания требуемого изображения. В случае, если размеры матрицы таковы, что она имеет по каждой из осей в плоскости XY размер 9, равный или несколько больший, чем размер создаваемого изображения, для создания такого изображения необходимо обеспечить смещение матрицы лишь на расстояние, равное максимальному расстоянию 10 между осями соседних острый (микроконусов) вдоль каждой из осей в плоскости XY (на Фиг.1 это расстояние показано только вдоль оси X).

Световоды могут образовывать двумерную матрицу из нескольких рядов, по несколько световодов в каждом ряду (Фиг.1), причем размер матрицы определяется расстояниями 9 между осями крайних, наиболее удаленных друг от друга, све-

толоводов по осям X и Y (на Фиг.1 указан размер матрицы только вдоль оси X).

Световоды могут быть сгруппированы в несколько двумерных матриц, расположенных в несколько рядов по несколько таких матриц в каждом ряду, причем каждая из матриц состоит из нескольких рядов световодов по несколько световодов в каждом ряду. Шаг расположения излучателей, т.е. расстояние между осями соседних излучателей, в каждом из двух взаимно перпендикулярных направлений, целесообразно использовать одинаковый, однако он может быть и разным. При этом указанный шаг в по крайней мере одной из матриц, входящих в составную матрицу, может отличаться от шага излучателей в любой другой матрице. В этом случае, если такая составная матрица имеет общий (суммарный) размер 9 вдоль каждой из осей в плоскости XY, равный или несколько превосходящий размер заданного изображения или всей подложки с фоторезистом вдоль каждой из осей в плоскости XY, то смещение такой матрицы для получения необходимой засветки фоторезиста должно совершаться вдоль каждой из осей в плоскости XY на расстояние, не превышающее максимальное расстояние 10 между осями соседних световодов (микроконусов) вдоль каждой из осей в пределах этой составной матрицы. При этом шаг каждого смещения при такой засветке фоторезиста определяется заданной степенью перекрытия соседних пятен засветки, а размер пятна засветки определяется (при заданном разрешении, минимальное значение которого определяется параметрами ближнеполевого световода, которым в данном случае является микроконус) расстоянием от поверхности фоторезиста до вершин световодов и расходностью такого ближнеполевого пучка излучения. Коммутируя отдельные световоды матрицы, можно сформировать на светочувствительном слое (фоторезисте), расположенном в непосредственной близости от матрицы, рисунок с требуемой топологией.

При использовании идеального точечного источника излучения, находящегося от фоторезиста на расстоянии, меньшем характерного размера d используемого ближнеполевого световода, на поверхности фоторезиста образуется световое пятно (пятно засветки). При этом на краю светового пятна отсутствуют какие-либо дифракционные максимумы. Таким идеальным точечным источником может быть излучатель, выполненный, например, в виде утоненного световода, вытянутого из стекловолокна таким образом, что у его конца диаметр световода d составит примерно 10 нм, или в виде микроконуса с радиусом закругления при вершине примерно 5 нм. Но, как известно, диаметр светового пятна на расстоянии $z \approx d$. (где d -диаметр конца световода) также будет

близок к d . Поэтому, используя матрицу из подобных световодов, расположенных друг относительно друга таким образом, чтобы на поверхности фоторезиста или любого другого, чувствительного к используемому излучению материала формировались пятна за- светки, создаваемые этими практически идеальными точечными источниками, можно создать на фоторезисте, находящемся на расстоянии $z \approx d$, плоское изображение. Коммутируя отдельные световоды матрицы, можно создавать ряды световых линий или совокупность различным образом расположенных световых точек, очертания которых повторяют очертания, создаваемые пятнами засветки ближнеполевых световодов матрицы. Если на конце каждого световода разместить источник излучения, эмитирующий необходимую длину волны, или затворное устройство, пропускающее излучение в такой световод, то, коммутируя эти источники или затворные устройства можно создать на поверхности светочувствительного слоя (фоторезиста), расположенного на расстоянии порядка d , практически любое плоское изображение с разрешением $\Delta x \approx d$. Такая коммутация может осуществляться как коммутацией источников излучения, так и быстро действующих затворов на торцах световодов, на которые подается излучение, с помощью которого осуществляется экспозиция фоторезиста.

Для обеспечения минимального числа шагов перемещения и, тем самым, повышения скорости получения заданного изображения, расстояния между осями излучателей должно быть минимальным. Однако уменьшение указанных расстояний ограничивается возможными размерами излучателей, а именно, внешним диаметром не утоненной части оптоволоконных световодов, диаметром основания световодов в виде микроконусов в месте их контакта (соединения) с подложкой или пленарным световодом, размерами оснований острый автоэмиссионных эмиттеров, и т.д. В настоящее время технология изготовления указанных излучателей позволяет обеспечить минимальный размер внешнего диаметра не утоненной части оптоволоконных световодов $\sim 10\text{-}20$ мкм, минимальный размер диаметра основания световодов, выполненных в виде микроконусов $\sim 1\text{-}3$ мкм, а минимальный размер (диаметр) оснований острый автоэмиссионных эмиттеров $\sim 1\text{-}3$ мкм. Все эти размеры значительно превышают желаемый диаметр потока излучения на выходе излучателей, требуемый для обеспечения необходимого разрешения, что и вынуждает использовать пошаговое перемещение излучателей с шагом заметно меньшим и не превышающим расстояния между осями соседних излучателей.

В связи этим расположение излучателей, как ближнеполевых световодов, так и

автоэмиссионных эмиттеров, может осуществляться так, чтобы пятна засветки на поверхности фоторезиста образовывали плоское изображение заранее выбранной формы, которое может состоять из отдельных пятен засветки или их групп. При этом создание требуемой топологии при засветке фоторезиста производится путем последовательного позиционирования подложки с фоторезистом под матрицей или составной матрицей, во время контролируемого перемещения с помощью прецизионного XYZ-нанопозиционера, позволяющего осуществлять позиционирование фоторезиста с минимальным шагом вплоть до 0,01 нм. Коммутация излучателей и прецизионное позиционирование матрицы осуществляется с линейным разрешением, значительно превосходящим разрешение, обеспечиваемое расположением излучателей в матрице и равным характерному размеру d . Размер пятна засветки, создаваемый каждым излучателем, позволяет экспонировать на поверхности фоторезиста любую заранее заданную топологию с разрешением, определяемым характерным размером пятна засветки. Важно отметить, что в этом случае позиционирование осуществляется в пределах хода точной ступени нанопозиционера, т.к. расстояние между осями излучателей, осуществляющих засветку, может составлять приблизительно 1 - 100 мкм. При этом могут использоваться любые прецизионные позиционеры, обладающие необходимым разрешением ($\Delta x, \Delta y < d$) и необходимой базой перемещения, которая должна превышать максимальное расстояние между осями соседних излучателей. В том случае, если матрица состоит из N матриц и при этом N равно числу СБИС, получаемых на кремниевой пластине, то расстояние между проекциями топологии СБИС на фоторезисте выбирается заведомо большим, чем максимальное смещение единичной матрицы при экспозиции, обеспечивающей создание заданной топологии единичной СБИС на фоторезисте, для того, чтобы при смещении единичной матрицы, прорисовывающей одну СБИС, она не заезжала на место расположения другой СБИС. При этом все СБИС могут быть одинаковыми, однако за счет управления каждым отдельным источником излучения в каждой матрице можно производить и разные СБИС. В том числе и СБИС, имеющие как различные топологии, так и различные размеры.

При этом, используя коммутацию излучения каждого излучателя в каждой матрице, входящей в состав составной матрицы, которая по размерам больше или равна кремниевой или иной полупроводниковой подложке, и прецизионное перемещение на расстояние, не превышающее максимальные расстояния между осями соседних излучателей с шагом позволяющим создать топологию засветки с разрешением, определяемым характерным размером пятна засветки и заданной степенью их перекрытия,

можно в процессе засветки одной такой подложки создавать на ней СБИС с различной топологией, что создает практически неоценимые преимущества для разработки и создания заказных схем и радикального удешевления самого процесса разработки новых СБИС.

Предлагаемые устройства, комплектуемые прецизионными XYZ-нанопозиционерами, могут заменить собой ступперы. Такие устройства позволяют осуществлять параллельную засветку всей подложки, что существенно повышает производительность. А предварительная оценка позволяет заключить, что стоимость такого устройства при серийном производстве может оказаться ниже стоимости известных ступперов в 40-50 раз. Это может служить решающим аргументом в пользу создания и применения такого рода устройств, т.к. стоимость современных ступперов может достигать 20 и более миллионов долларов.

Естественным развитием предлагаемой матричной технологии фотолитографии является использование автоэмиссионных острийных матриц, т.е. матриц автоэмиссионных эмиттеров. На Фиг.2 условно показан вариант выполнения устройства, в котором матрица излучателей 3 выполнена в виде автоэмиссионных эмиттеров, расположенных на подложке 4 и эmitтирующих электронные пучки 11 под воздействием вытягивающего поля диафрагм 12. Эти пучки создают пятна засветки на фоторезисте 2, нанесенном на подложку 1, выполненную из полупроводникового материала. Использование автоэмиссионных многоострийных матриц позволяет перейти от малопроизводительной электронной литографии, в случае которой сканирующий электронный пучок, перемещаясь последовательно, создает на соответствующем фоторезисте заданную топологию, к многопучковой планарной электронной литографии, позволяющей добиться радикально большей производительности.

Использование автоэмиссионных острийных матриц с индивидуально управляемыми остриями позволяет:

- 1) осуществлять параллельную высокопроизводительную засветку фоторезиста с чрезвычайно высоким пространственным разрешением;
- 2) в случае, когда пятна засветки, создаваемые отдельными остриями, не перекрываются, смещение автоэмиссионной матрицы на расстояния, не превышающие максимальные расстояния 13 между осями соседних острий позволяет (как и в случае световодных матриц) осуществлять (там, где это требуется) непрерывную засветку в пределах площади фоторезиста. При этом, благодаря использованию аксиального (относительно осей эмитте-

ров и эмитируемых электронных пучков) магнитного поля 14, полностью устраняется дисторсия, наблюдающаяся обычно при отклонении электронного пучка на углы, отличающиеся от параксиальных;

3) осуществляя коммутацию острый в сочетании со смещением автоэмиссионной матрицы, создать любое изображение на поверхности фоторезиста в пределах площади его засветки.

Благодаря использованию предлагаемых способов и устройств, наряду с огромным увеличением производительности, можно осуществлять на одной подложке одновременное изготовление совершенно различных СБИС. В принципе, можно осуществить изготовление всех СБИС, из которых состоит компьютер или какое-либо другое устройство, на одной подложке. Использование многоострийных автоэмиссионных матриц позволяет получать чрезвычайно высокоразрешающие изображения на фоторезисте со значительно более высокой производительностью, чем обычная электронная литография, при практически полном устранении дисторсионных искажений и устранении трудностей получения высокоразрешенных сплошных изображений линий, благодаря возможности контролируемого высокоточного относительного смещения фоторезиста и автоэмиссионной матрицы друг относительно друга.

При этом использование аксиального (по отношению к остриям) магнитного поля 14 позволяет избежать необходимости эмиттируемых каждым острием электронных пучков и обеспечить радикальное улучшение разрешения, достигаемого при взаимодействии такого пучка с фоторезистом. Причем расстояние от вершин эмиттеров (острий) автоэмиссионной матрицы до поверхности фоторезиста может достигать десятков миллиметров без потери разрешения и интенсивности при приложении соответствующего магнитного поля. А это, кроме всего, полностью снимает и любые ограничения связанные с глубиной фокуса (DOF).

При этом необходимо отметить, что засветка чувствительного к используемому излучению материала может осуществляться при пошаговом перемещении с помощью управления излучением на выходе каждого излучателя путем формирования импульсов излучения при неподвижном положении излучателей и чувствительного к используемому излучению материала после осуществления очередного шага перемещения. В этом случае длительность импульса излучения определяется величиной интенсивности излучения на выходе излучателя и расстоянием от излучателя до чувствительного к используемому излучению материала.

Однако, в принципе, нет необходимости осуществлять засветку только при неподвижном положении излучателей и чувствительного к используемому излучению материала. Возможно осуществлять засветку фоторезиста и при непрерывном пошаговом относительном перемещении подложки с фоторезистом и матрицы.

При этом чтобы не происходило заметного увеличения диаметра пятна засветки на фоторезисте в результате такого перемещения, длительность импульса засветки должна быть достаточно мала, чтобы за время засветки относительное смещение ΔS матрицы и подложки не превышало заранее заданной величины, за счет чего увеличение размера пятна засветки Δd_1 в направлении относительного перемещения не превышало допустимую величину, определяемую заданной точностью получаемого изображения, например, $\Delta d_1 \leq 0,01d_1$, где d_1 – диаметр пятна засветки при неподвижных излучателях и чувствительного к используемому излучению материала.

Для этого осуществляют управление длительностью импульсов излучения, выходящих из каждого излучателя. При этом понятно, что в общем случае протяженное вдоль направления перемещения изображение, например линия, может быть получена как непрерывной последовательностью коротких импульсов, так и одним импульсом большой длительности, т.е. длительность импульсов излучения, выходящего из разных излучателей может быть различна. Поэтому существенным является то, что за время импульса излучения, выходящего из по крайней мере одного излучателя и имеющего наименьшую длительность, величина относительного смещения ΔS излучателей и чувствительного к используемому излучению материала не превышала заданной величины, например, не превышала $0,01d_1$. При этом наиболее целесообразно использовать такой способ засветки при пошаговом перемещении с шагом от 0,01 до 1 нм и диаметре d потока излучения на выходе каждого из излучателей от 10 до 50 нм.

Возможность реализации такого предложения может быть количественно проиллюстрирована следующей оценкой.

В том случае, если диаметр d потока излучения на выходе из каждого излучателя составляет 10 нм, а расстояние z от излучателей до поверхности чувствительного к используемому излучению материала соответствует условиям получения ближнеполевого эффекта, то диаметр единичного пятна засветки d_1 так же имеет

размер порядка 10 нм.

При этом интенсивность излучения, необходимая для засветки фоторезиста в единичном пятне, может быть оценена на основании данных обычной литографии. Поскольку засветка одной кремневой подложки диаметром 300 мм занимает 36 с (при производительности лучших современных стеккеров 100 подложек/час и мощности используемого источника излучения 100 Вт), то на площадку диаметром 10 нм приходится примерно $4 \cdot 10^{-12}$ Дж.

В том случае, если длительность импульса составляет $t_{imp} = 10^{-7}$ с, а излучатели выполнены в виде соединенных с по крайней мере одним источником излучения, в качестве которого используют лазер, оптоволоконных световодов с утоненными концами, на которые нанесено покрытие, отражающее проходящее излучение, то мощность соответствующего лазера на противоположном утоненному конце световода с учетом ослабления излучения вуженном конце световода не более чем в 10^3 раз должна составить порядка $4 \cdot 10^{-2}$ Вт.

При этом следует учесть и выигрыши в мощности, благодаря засветке только необходимых для экспозиции участков фоторезиста, а не всей маски, включая и ее участки, поглощающие падающее излучение, как это имеет место даже в случае 13,4 нм-литографии. Это, по-видимому, дополнительно снижит требования к мощности источника излучения минимум в 2-3 раза. Следует отметить, что уменьшение длины волнны используемых источников света радикально в 10-20 раз уменьшает ослабление интенсивности излучения, достигающего поверхности фоторезиста. Кроме того, как было показано экспериментально (Appl.Phys.Let. 73, #15, pp.2090-2092, 12th October 1998), использование ближнеполевых световодов, оканчивающихся тремя ступенчато сужающимися конусами, позволяет увеличить пропускную способность такого световода более, чем в 1000 раз. Поэтому есть существенные резервы дальнейшего увеличения производительности.

Причем если допустимое изменение диаметра единичного пятна засветки d_1 за время засветки t_{imp} составляет не более 1%, т.е. $\Delta d_1 \leq 10^{-1}$ нм, то максимальная средняя скорость перемещения V подложки относительно световодной матрицы может быть определена из следующего соотношения:

$$V = \frac{\Delta d_1}{t_{imp}} = \frac{10^{-1} \cdot 10^{-3}}{10^{-7}} = 10^3 \text{ мкм/с}$$

При этом за счет толщины неутоненной части световодов расстояние между осями соседних утоненных концов световодов l_1 может составлять 0,1 -20 мкм, поэтому, если принять $l_1 = 10$ мкм, то, чтобы заполнить один элемент поверхности засветки, представляющий собой квадрат со стороной l_1 и площадью 10^2 мкм, пятнами засветки диаметром 0,01 мкм, расположенными с шагом 0,01 мкм, необходимо использовать M импульсов излучения при смещении по осям X и Y:

$$M = \frac{4 \cdot 10^2}{\pi (10^{-2})^2} = 1,27 \cdot 10^6$$

Таким образом, если учесть, что длительность импульса составляет 10^{-7} с, то полное время засветки (по сути, время экспозиции) одного элемента подложки, размеры которого определяются расстояниями между осями соседних световодов по осям X и Y, составит

$$t_{exp} = t_{imp} \cdot N = 10^{-7} \cdot 1,27 \cdot 10^6 = 0,127 \text{ с}$$

При этом в том случае, если размеры матрицы излучателей или составной матрицы излучателей равны или превышают размеры заданного изображения на чувствительном к используемому излучению материале, то полученное время равно времени засветки всей подложки.

Кроме того, если принять во внимание, что могут перемещаться одновременно и подложка и матрица, линейные размеры которой превышают линейные размеры области засветки, т.е. размеры получаемого изображения, на величину порядка $2l_1$, то время экспонирования (засветки) одной подложки будет определяться большей из величин, которыми являются время экспозиции (засветки) t_{exp} и время смещения подложки относительно матрицы t_{travel} .

При этом время смещения подложки относительно матрицы t_{travel} на расстояние, равное линейному размеру l_1 элемента поверхности засветки можно определить следующим образом:

$$t_{travel} = l_1 / V = 10 / 10^3 = 10^{-2} \text{ с},$$

т.е. $t_{travel} \ll t_{exp}$.

Действительно, если исходить из того, что засветка одной кремневой подложки диаметром 300 мм занимает 36 с, то производительность экспонирования в случае использования матричной технологии, определяемая t_{exp} , окажется в 284 раза больше, чем в обычном стеклопече, т.к. именно таково отношение эффективных вре-

мен экспозиции с помощью ступпера и с помощью матричной технологии.

Наконец, необходимо отметить, что может быть получен существенный выигрыш по производительности, при одновременном увеличении степени интеграции (т.е. удельной плотности размещения элементов на поверхности кремниевой подложки) в 169 раз $[(130/10)^2]$, т.к. в такое количество раз (по сравнению с применяемой в настоящее время 130 нм-технологией) уменьшаются характерные размеры площади, занимаемой на подложке каждым элементом при использовании засветки с помощью используемых ближнеполевых световодов), что отнюдь не является три-диодным. По сути дела производительность будет определяться мощностью засветки, т.е. необходимой длительностью импульса t_{imp} , определяющей допустимую скорость движения матрицы V , длиной волны λ , определяющей коэффициент реального пропускания световода, а значит, и мощностью источника засветки, а также чувствительностью фоторезиста – необходимой дозой излучения.

Все указанные выше доводы, касающиеся использования непрерывного пошагового перемещения, относятся так же и к излучателям, содержащим световоды в виде микроконусов или автоэмиссионные эмиттеры.

Значительно меньшие затраты на оборудование типа матричной кассеты, позволяет поставить вопрос о возможности создания конвейерного производства микрочипов, т.к. такого рода кассеты можно будет вставлять в технологическую цепочку после каждой технологической операции. Выигрыш от перехода к непрерывному процессу производства чипов может оказаться весьма существенным.

Таким образом, создание и использование предлагаемых световодных и автоэмиссионных матричных устройств в соответствии с предлагаемыми способами радикально упрощает технологию, позволяя перейти от индустриальной эры производства СБИС, в которой мы живем сегодня, к постиндустриальной технологии производства, когда разработкой и изготовлением СБИС смогут заниматься малые коллективы, т.е. когда эта технология станет доступной не только гигантским современным заводам, стоимостью 2-4 миллиарда долларов, но и огромному числу небольших групп ученых и инженеров.

Формула изобретения

1. Способ получения изображения на чувствительном к используемому излучению материале, в котором создают на поверхности чувствительного к используемому излучению материала пятна засветки с помощью излучателей, и получают заданное изображение путем пошагового перемещения излучателей и/или чувствительного к используемому излучению материала в плоскости, параллельно поверхности чувствительного к используемому излучению материала, в одном направлении или в двух взаимно перпендикулярных направлениях, **отличающийся тем, что** излучатели выполнены в виде матрицы излучателей или составной матрицы излучателей, содержащей N матриц излучателей, причем размеры матрицы излучателей или составной матрицы излучателей равны или превышают размеры заданного изображения на чувствительном к используемому излучению материале, а диаметр d потока излучения на выходе из каждого излучателя составляет менее 100 нм, при этом пошаговое перемещение излучателей и/или чувствительного к используемому излучению материала осуществляют с шагом, меньшим d, на расстояния, не превышающие максимального расстояния между осями соседних излучателей.

2. Способ по п.1, **отличающийся тем, что** пошаговое перемещение осуществляют с шагом от 0,01 до 1 нм.

3. Способ по п.1, **отличающийся тем, что** диаметр d потока излучения на выходе каждого из излучателей составляет от 10 до 50 нм.

4. Способ по п.1, **отличающийся тем, что** для получения заданного изображения управляют величиной потока излучения, выходящего из каждого излучателя.

5. Способ по п. 1, **отличающийся тем, что** обеспечивают требуемые размеры пятен засветки на поверхности чувствительного к используемому излучению материала за счет установки матрицы или составной матрицы излучателей на заданном расстоянии z от поверхности чувствительного к используемому излучению материала путем пошагового перемещения излучателей и/или чувствительного к используемому излучению материала в направлении, перпендикулярном

поверхности чувствительного к используемому излучению материала с шагом, меньшим d .

6. Способ по п.5, отличающийся тем, что пошаговое перемещение осуществляют с шагом от 0,01 до 1 нм.

7. Способ по п.5, отличающийся тем, что осуществляют перемещение излучателей и/или чувствительного к используемому излучению материала в направлении, перпендикулярном поверхности чувствительного к используемому излучению материала, до заданной степени перекрытия формируемых соседними излучателями пятен засветки.

8. Способ по п.5, отличающийся тем, что расстояние z между матрицей излучателей и чувствительным к используемому излучению материалом составляет от 1 до 5000 нм.

9. Способ по п.5, отличающийся тем, что расстояние z между матрицей излучателей и чувствительным к используемому излучению материалом составляет от 1 нм до d .

10. Способ по любому из пунктов 1-9, отличающийся тем, что в качестве каждой из матриц излучателей используют матрицу световодов, соединенных с по крайней мере одним источником излучения и выполненных из оптоволоконных световодов с утоненными концами, на которые нанесено покрытие, отражающее проходящее излучение.

11. Способ по любому из пунктов 1-9, отличающийся тем, что в качестве каждой из матриц излучателей используют матрицу световодов, соединенных с по крайней мере одним источником излучения и выполненных в виде микроконусов из материала, прозрачного для используемого излучения, причем радиус закругления при вершине микроконусов, направленных в сторону чувствительного к используемому излучению материала равен половине диаметра d потока излучения на выходе каждого из излучателей, а на микроконусы нанесено покрытие, отражающее проходящее излучение.

12. Способ по любому из пунктов 1-7, отличающийся тем, что в качестве каждой из матриц излучателей используют матрицу автоэмиссионных эмиттеров, соединенных с по крайней мере одним источником тока, причем автоэмиссионные эмиттеры и чувствительный к используемому излучению материал размещают в магнитном поле, направленном вдоль продольных осей автоэмиссионных эмиттеров.

13 Способ по п.12, отличающийся тем, что расстояние z между матрицей излучателей и чувствительным к используемому излучению материалом не превышает расстояния, на котором созданное магнитное поле обеспечивает ларморовский радиус пучка эмитированных электронов на поверхности чувствительного к используемому излучению материала, не превышающий заданный радиус пятна засветки на поверхности чувствительного к используемому излучению материала.

14. Устройство для получения изображения на чувствительном к используемому излучению материале, содержащее излучатели и подложку с чувствительным к используемому излучению материалом, при этом устройство выполнено с возможностью получения заданного изображения путем перемещения излучателей и/или чувствительного к используемому излучению материала в плоскости, параллельной поверхности чувствительного к используемому излучению материала в одном направлении или в двух взаимно перпендикулярных направлениях, отличающееся тем, что излучатели выполнены в виде матрицы излучателей или составной матрицы излучателей, содержащей N матриц излучателей, причем размеры матрицы излучателей или составной матрицы излучателей равны или превышают размеры заданного изображения на чувствительном к используемому излучению материале, а диаметр d потока излучения на выходе каждого из излучателей составляет менее 100 нм, при этом излучатели и/или чувствительный к используемому излучению материал установлены с возможностью перемещения с шагом, меньшим d , на расстояния, не превышающие максимального расстояния между осями соседних излучателей.

15. Устройство по п.14, отличающееся тем, что шаг перемещения составляет от 0,01 нм до 1 нм.

16. Устройство по п.14, отличающееся тем, что диаметр d потока излучения на выходе каждого из излучателей составляет от 10 до 50 нм.

17. Устройство по п.14, отличающееся тем, что оно выполнено с возможностью управления величиной потока излучения, выходящего из каждого излучателя, и/или изменения величины шага перемещения.

18. Устройство по п.14, отличающееся тем, что оно выполнено с возможностью установки излучателей на заданном расстоянии z от поверхности чувствительного к используемому излучению материала путем перемещения

излучателей и/или чувствительного к используемому излучению материала в направлении, перпендикулярном поверхности чувствительного к используемому излучению материала с шагом от 0,01 нм до d.

19. Устройство по п.18, **отличающееся тем, что** оно выполнено с возможностью изменения величины шага перемещения.

20. Устройство по п.18, **отличающееся тем, что** расстояние z между матрицей или составной матрицей излучателей и чувствительным к используемому излучению материалом составляет от 1 до 5000 нм.

21. Устройство по п.18, **отличающееся тем, что** расстояние z между матрицей или составной матрицей излучателей и чувствительным к используемому излучению материалом составляет от 1 нм до d.

22. Устройство по любому из пунктов 14-21, **отличающееся тем, что** каждая матрица излучателей выполнена в виде матрицы световодов, соединенных с по крайней мере одним источником излучения и выполненных из оптоволоконных световодов с утоненными концами, на которые нанесено покрытие, отражающее проходящее излучение.

23. Устройство по любому из пунктов 14-21, **отличающееся тем, что** каждая матрица излучателей выполнена в виде матрицы световодов, соединенных с по крайней мере одним источником излучения и выполненных в виде микроконусов из материала, прозрачного для используемого излучения, причем радиус закругления при вершине микроконусов, направленных в сторону чувствительного к используемому излучению материала равен половине диаметра d потока излучения на выходе каждого из излучателей, а на микроконусы нанесено покрытие, отражающее проходящее излучение.

24. Устройство по любому из пунктов 14-21, **отличающееся тем, что** каждая матрица излучателей выполнена в виде матрицы автоэмиссионных эмиттеров, соединенных с по крайней мере одним источником тока.

25. Устройство по п.24, **отличающееся тем, что** матрица или составная матрица автоэмиссионных эмиттеров и чувствительный к используемому излучению материал размещены в магнитном поле, направленном вдоль продольных осей автоэмиссионных эмиттеров.

26. Устройство по п.25, **отличающееся тем, что** расстояние z между матрицей автоэмиссионных эмиттеров и чувствительным к используемому

излучению материалом не превышает расстояния, на котором созданное магнитное поле обеспечивает ларморовский радиус пучка эмитированных электронов на поверхности чувствительного к используемому излучению материала, не превышающий заданный радиус пятна засветки.

27. Устройство для получения изображения на чувствительном к используемому излучению материале, содержащее излучатели, при этом излучатели и/или подложка с чувствительным к используемому излучению материалом установлены с возможностью перемещения относительно друг друга, отличающееся тем, что излучатели выполнены в виде по крайней мере одного источника излучения с соединенным с ним по крайней мере одним световодом, при этом световоды выполнены оптоволоконными с утоненными концами или в виде микроконусов из материала, прозрачного для используемого излучения, причем диаметр d потока излучения на выходе из каждого излучателя составляет менее 100 нм, а излучатели и/или подложка с чувствительным к используемому излучению материалом установлены с возможностью перемещения относительно друг друга с шагом, меньшим d .

28. Устройство по п.27, отличающееся тем, что диаметры утоненных концов оптоволоконных световодов или радиусы закругления при вершине микроконусов, направленных в сторону чувствительного к используемому излучению материала, имеют размер от 10 до 50 нм.

29. Устройство по п.27, отличающееся тем, что введен XYZ-нанопозиционер, установленный с возможностью перемещения излучателей или подложки с чувствительным к используемому излучению материалом с шагом до 0,01 нм.

30. Устройство по п.27, отличающееся тем, что расстояние z между световодами и чувствительным к используемому излучению материалом составляет от 1 до 2000 нм.

31. Устройство по п. 30, отличающееся тем, что для обеспечения разрешения $\Delta x \approx d$ расстояние между световодами и чувствительным к используемому излучению материалом не превышает d .

32. Устройство по любому из пунктов 27-31, отличающееся тем, что оно выполнено с возможностью коммутирования светового потока, проходящего через световоды.

33. Устройство по п.32, **отличающееся тем, что** световоды выполнены в виде микроконусов и при этом микроконусы выполнены из кремния или соединений типа $A_{11}B_v$ или $A_{11}B_{VI}$, а на их основаниях выполнены твердотельные коммутируемые нанолазеры или светодиоды, генерирующие заданное излучение, или индивидуально коммутируемые затворные устройства, регулирующие доступ излучения в микроконусы.

34. Устройство по п.32, **отличающееся тем, что** микроконусы расположены на поверхности соответствующих планарных световодов.

35. Устройство по любому из пунктов 27-31, **отличающееся тем, что** световоды образуют по крайней мере одну двумерную матрицу из нескольких рядов, по несколько световодов в каждом ряду.

36. Устройство по любому из пунктов 27-31, **отличающееся тем, что** размеры матрицы световодов или N матриц световодов равны или превышают размеры заданного изображения на чувствительном к используемому излучению материале, а излучатели и/или подложка с чувствительным к используемому излучению материалом установлены с возможностью перемещения на расстояния, не превышающие максимального расстояния между осями соседних излучателей.

37. Устройство по любому из пунктов 27-31, **отличающееся тем, что** оно выполнено с возможностью изменения величины шага перемещения.

38. Устройство для получения изображения на чувствительном к используемому излучению материале, содержащее по меньшей мере один излучатель, выполненный в виде автоэмиссионного эмиттера, соединенного с источником тока, подложку с чувствительным к используемому излучению материалом и источник магнитного поля, при этом подложка с чувствительным к используемому излучению материалом и/или по меньшей мере один автоэмиссионный эмиттер установлены с возможностью перемещения относительно друг друга, **отличающееся тем, что** подложка с чувствительным к используемому излучению материалом и все автоэмиссионные эмиттеры расположены в магнитном поле, направленном вдоль продольной оси острия каждого из автоэмиссионных эмиттеров, диаметр d потока излучения на выходе из каждого автоэмиссионного эмиттера составляет менее 100 нм, при этом автоэмиссионные эмиттеры и/или подложка с чувствительным к используемому излучению материалом установлены с возможностью перемещения относительно друг друга с шагом, меньшим d.

39. Устройство по п.38, отличающееся тем, что введен XYZ-нанопозиционер, установленный с возможностью перемещения автоэмиссионных эмиттеров или подложки с чувствительным к используемому излучению материалом с шагом до 0,01 нм.

40. Устройство по п.39, отличающееся тем, что диаметр d потока излучения на выходе каждого из излучателей составляет от 10 до 50 нм.

41. Устройство по п.38, отличающееся тем, что расстояние z между автоэмиссионными эмиттерами и чувствительным к используемому излучению материалом не превышает расстояния, на котором созданное магнитное поле обеспечивает ларморовский радиус пучка эмитированных электронов на поверхности чувствительного к используемому излучению материала, не превышающий заданный радиус пятна засветки.

42. Устройство по п.38, отличающееся тем, что все автоэмиссионные эмиттеры расположены на расстоянии z , большем нескольких миллиметров от поверхности чувствительного к используемому излучению материала.

43. Устройство по п.38, отличающееся тем, что все автоэмиссионные эмиттеры расположены на расстоянии от 1 до 5000 нм от поверхности чувствительного к используемому излучению материала.

44. Устройство по п.38, отличающееся тем, что все автоэмиссионные эмиттеры выполнены с возможностью коммутиирования эмитируемого тока и/или изменения величины шага перемещения.

45. Устройство по любому из пунктов 38-44, отличающееся тем, что автоэмиссионные эмиттеры образуют по крайней мере одну двумерную матрицу из нескольких рядов по несколько автоэмиссионных эмиттеров в каждом ряду.

46. Устройство по любому из пунктов 38-44, отличающееся тем, что размеры матрицы автоэмиссионных эмиттеров или N матриц автоэмиссионных эмиттеров равны или превышают размеры заданного изображения на чувствительном к используемому излучению материале, причем автоэмиссионные эмиттеры и/или чувствительный к используемому излучению материал установлены с возможностью перемещения на расстояния, не превышающие максимального расстояния между осями соседних автоэмиссионных эмиттеров.

47. Способ получения изображения на чувствительном к используемому излучению материале, в котором создают на поверхности чувствительного к

используемому излучению материала пятна засветки с помощью излучателей, и получают заданное изображение путем пошагового перемещения излучателей и/или чувствительного к используемому излучению материала в плоскости, параллельной поверхности чувствительного к используемому излучению материала, в одном направлении или в двух взаимно перпендикулярных направлениях, **отличающейся тем, что** излучатели выполнены в виде матрицы излучателей или составной матрицы излучателей, содержащей N матриц излучателей, причем диаметр d потока излучения на выходе из каждого излучателя составляет менее 100 нм, при этом осуществляют непрерывное пошаговое перемещение излучателей и/или чувствительного к используемому излучению материала с шагом, меньшим d , и управляют длительностью импульсов излучения, выходящего из каждого излучателя, таким образом, чтобы за время импульса излучения, выходящего из по крайней мере одного излучателя и имеющего наименьшую длительность, величина относительного смещения излучателей и чувствительного к используемому излучению материала не превышала заданной величины.

48. Способ по п.47, **отличающийся тем, что** за время импульса излучения, выходящего из по крайней мере одного излучателя и имеющего наименьшую длительность, величина относительного смещения ΔS излучателей и чувствительного к используемому излучению материала не превышает $0,01d_1$, где d_1 – диаметр пятна засветки при неподвижных излучателях и чувствительного к используемому излучению материала.

49. Способ по п.п.47 или 48, **отличающийся тем, что** размеры матрицы излучателей или составной матрицы излучателей равны или превышают размеры заданного изображения на чувствительном к используемому излучению материале, а непрерывное пошаговое перемещение излучателей и/или чувствительного к используемому излучению материала осуществляют на расстояния, не превышающие максимального расстояния между осями соседних излучателей.

50. Способ по п.п. 47 или 48, **отличающийся тем, что** пошаговое перемещение осуществляют с шагом от 0,01 до 1 нм.

51. Способ по п.п. 47 или 48, **отличающийся тем, что** диаметр d потока излучения на выходе каждого из излучателей составляет от 10 до 50 нм.

52. Способ по п.п. 47 или 48, **отличающийся тем, что** обеспечивают требуемые размеры пятен засветки на поверхности чувствительного к

используемому излучению материала за счет установки излучателей на заданном расстоянии z от поверхности чувствительного к используемому излучению материала путем пошагового перемещения излучателей и/или чувствительного к используемому излучению материала в направлении, перпендикулярном поверхности чувствительного к используемому излучению материала, с шагом, меньшим d .

53. Способ по п.52, **отличающийся тем, что** пошаговое перемещение осуществляют с шагом от 0,01 до 1 нм.

54. Способ по п.52, **отличающийся тем, что** расстояние z между матрицей излучателей и чувствительным к используемому излучению материалом составляет от 1 до 5000 нм.

55. Способ по п.54, **отличающийся тем, что** расстояние z между матрицей излучателей и чувствительным к используемому излучению материалом составляет от 1 нм до d .

56. Устройство для получения изображения на чувствительном к используемому излучению материале, содержащее излучатели и подложку с чувствительным к используемому излучению материалом, при этом устройство выполнено с возможностью получения заданного изображения путем перемещения излучателей и/или чувствительного к используемому излучению материала в плоскости, параллельной поверхности чувствительного к используемому излучению материала в одном направлении или в двух взаимно перпендикулярных направлениях, **отличающееся тем, что** излучатели выполнены в виде матрицы излучателей или составной матрицы излучателей, содержащей N матриц излучателей, причем диаметр d потока излучения на выходе каждого из излучателей составляет менее 100 нм, при этом излучатели и/или чувствительный к используемому излучению материал установлены с возможностью непрерывного пошагового перемещения с шагом, меньшим d , и устройство выполнено с возможностью управления длительностью импульсов излучения, выходящего из каждого излучателя, таким образом, чтобы за время импульса излучения, выходящего из по крайней мере одного излучателя и имеющего наименьшую длительность, величина относительного смещения излучателей и чувствительного к используемому излучению материала не превышала заданной величины.

57. Устройство по п.56, **отличающееся тем, что** за время импульса

излучения, выходящего из по крайней мере одного излучателя и имеющего наименьшую длительность, величина относительного смещения ΔS излучателей и чувствительного к используемому излучению материала не превышает $0,01d_1$, где d_1 – диаметр пятна засветки при неподвижных излучателях и чувствительного к используемому излучению материала.

58. Устройство по п.56, отличающееся тем, что размеры матрицы излучателей или составной матрицы излучателей равны или превышают размеры заданного изображения на чувствительном к используемому излучению материале, и при этом излучатели и/или чувствительный к используемому излучению материал установлены с возможностью перемещения на расстояния, не превышающие максимального расстояния между осями соседних излучателей.

59. Устройство по п.56, отличающееся тем, что шаг перемещения составляет от 0,01 нм до 1 нм.

60. Устройство по п.56, отличающееся тем, что диаметр d потока излучения на выходе каждого из излучателей составляет от 10 до 50 нм.

61. Устройство по п.56, отличающееся тем, что оно выполнено с возможностью изменения величины шага перемещения.

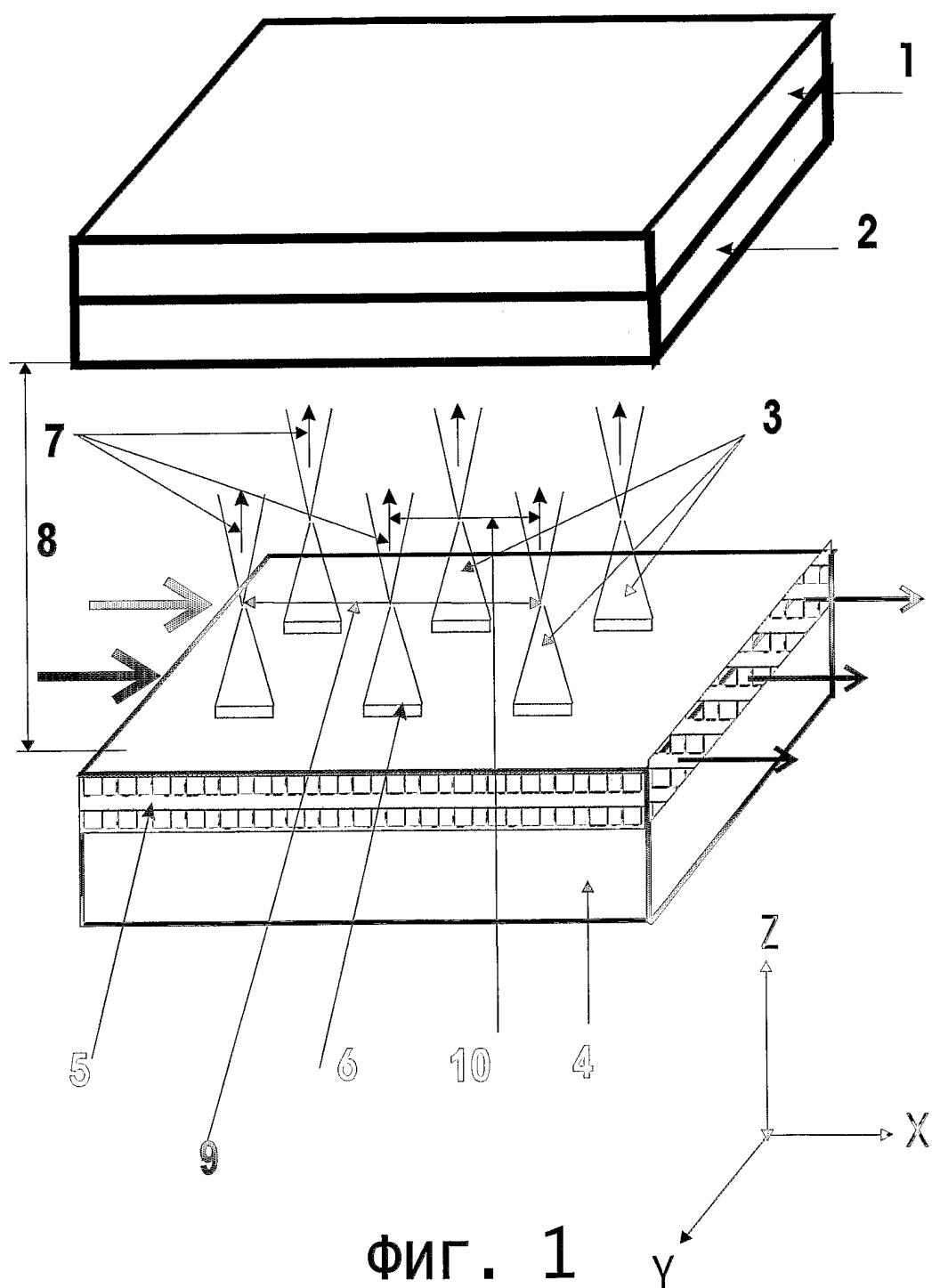
62. Устройство по п.56, отличающееся тем, что оно выполнено с возможностью установки матрицы или составной матрицы излучателей на заданном расстоянии z от поверхности чувствительного к используемому излучению материала путем перемещения излучателей и/или чувствительного к используемому излучению материала в направлении, перпендикулярном поверхности чувствительного к используемому излучению материала с шагом от 0,01 нм до d .

63. Устройство по п.62, отличающееся тем, что оно выполнено с возможностью изменения величины шага перемещения.

64. Устройство по п.62, отличающееся тем, что расстояние z между матрицей или составной матрицей излучателей и чувствительным к используемому излучению материалом составляет от 1 до 5000 нм.

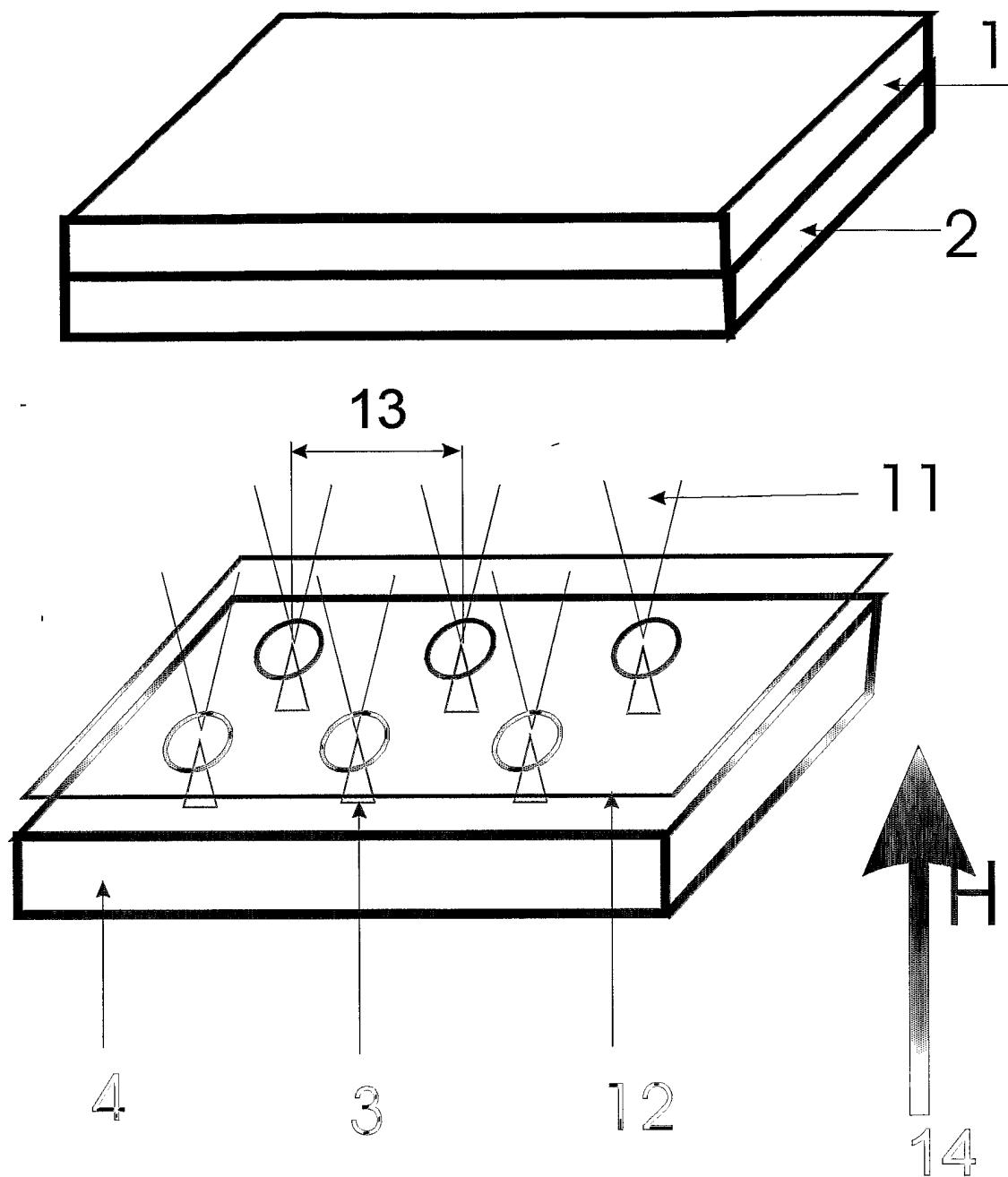
65. Устройство по п.62, отличающееся тем, что расстояние z между матрицей или составной матрицей излучателей и чувствительным к используемому излучению материалом составляет от 1 нм до d .

1/2



ФИГ. 1

2/2



ФИГ. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/RU 2004/000273

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G03F 7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G03F 7/20-7/24, H01J 3/00-3/40, 37/00, 37/073, 37/20-37/24, H01L 21/00-21/033, 21/64, 21/66, 21/70, 21/77

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6586169 B2 (DEUTSCHES ZENTRUM FUER LUFT- UND RAUMFAHRT E. V.) 01. 07. 2003, the claims	1-65
A	US 6498349 B1 (UT-BATTELLE) 24. 12. 2002, the claims, figure 4	1-65
A	WO 2003/036767 A2 (THE BOARD OF TRUSTEES OF THE UNIVERSITY OF ILLINOIS) 01. 05. 2003, the claims, figure 2	1-65
A	RU 2029980 C1 (TSENTRALNY NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKY INSTITUT "ELEKTRON") 27.02.1995, the abstract	1-65

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "B" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
(20. 09. 2004)

Date of mailing of the international search report
(21. 10. 2004)

Name and mailing address of the ISA/

RU

Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка №
PCT/RU 2004/000273

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:		
G03F 7/20		
Согласно международной патентной классификации (МПК-7)		
В. ОБЛАСТИ ПОИСКА:		
Проверенный минимум документации (система классификации и индексы) МПК-7: G03F 7/20-7/24, H01J 3/00-3/40, 37/00, 37/073, 37/20-37/24, H01L 21/00-21/033, 21/64, 21/66, 21/70, 21/77		
Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки:		
Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, поисковые термины):		
С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:		
Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	US 6586169 B2 (DEUTSCHES ZENTRUM FUER LUFT- UND RAUMFAHRT E. V.) 01. 07. 2003, формула	1-65
A	US 6498349 B1 (UT-BATTELLE) 24. 12. 2002, формула, фиг. 4	1-65
A	WO 2003/036767 A2 (THE BOARD OF TRUSTEES OF THE UNIVERSITY OF ILLINOIS) 01. 05. 2003, формула, фиг. 2	1-65
A	RU 2029980 C1 (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ "ЭЛЕКТРОН") 27. 02. 1995, реферат	1-65
<input type="checkbox"/> последующие документы указаны в продолжении графы С.		<input type="checkbox"/> данные о патентах-аналогах указаны в приложении
<p>* Особые категории ссылочных документов:</p> <p>Δ документ, определяющий общий уровень техники</p> <p>Ι более ранний документ или патент, опубликованный на дату международной подачи или после нее</p> <p>Π документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.</p> <p>Р документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета и т.д.</p> <p>Т более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения</p> <p>Х документ, имеющий наибольшее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну и изобретательский уровень</p> <p>У документ, порочащий изобретательский уровень в сочетании с одним или несколькими документами той же категории</p> <p>& документ, являющийся патентом-аналогом</p>		
Дата действительного завершения международного поиска: 20 сентября 2004 (20. 09. 2004)		Дата отправки настоящего отчета о международном поиске: 21 октября 2004 (21. 10. 2004)
Наименование и адрес Международного поискового органа Федеральный институт промышленной собственности РФ, 123995, Москва, Г-59, ГСП-5, Бережковская наб., 30, 1 Факс: 243-3337, телеграф: 114818 ПОДАЧА		Уполномоченное лицо: Е. Андрейченко Телефон № 240-25-91